



19

BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12

Offenlegungsschrift

10

DE 197 49 074 A 1

51

Int. Cl.⁶:
B 60 L 11/02
B 60 K 17/28

21

Aktenzeichen:

197 49 074.3

22

Anmeldetag:

6. 11. 97

43

Offenlegungstag:

20. 5. 99

DE 197 49 074 A 1

71

Anmelder:

Schmetz, Roland, Dr., 47533 Kleve, DE

74

Vertreter:

Cohausz & Florack, 40472 Düsseldorf

72

Erfinder:

gleich Anmelder

56

Entgegenhaltungen:

DE 41 24 479 A1

EP 06 93 392 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

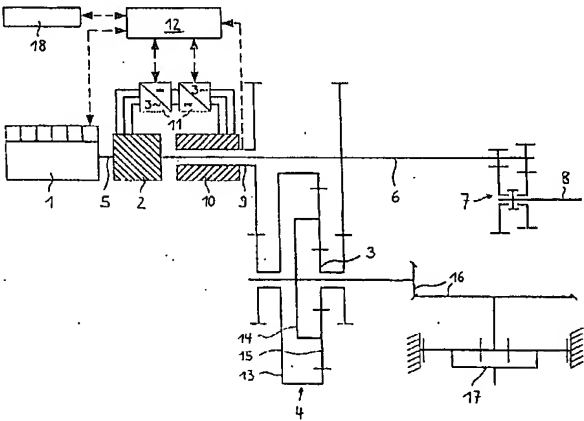
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54

Landwirtschaftliches Nutzfahrzeug mit mechanisch-elektrisch leistungsverzweigtem Getriebe

57

Die Erfindung betrifft ein landwirtschaftliches Nutzfahrzeug, dessen Verbrennungsmotor (1) über ein einen Generator (2), einen Elektromotor (10) und ein Endgetriebe (16) aufweisendes elektromechanisches Getriebe mit dem Fahrtrieb (17) verbunden ist. Um bei einem derartigen Nutzfahrzeug den Wirkungsgrad des Antriebs zu verbessern und die Herstellungskosten sowie die Baugröße des Antriebs zu verringern, wird der Einsatz eines Summierungsgetriebes (4) vorgeschlagen, das einen ersten Eingang, einen zweiten Eingang und einen Ausgang aufweist, wobei der Verbrennungsmotor (1) mit dem ersten Eingang, die Ankerwelle (9) des Elektromotors (10) mit dem zweiten Eingang und das Endgetriebe (16) mit dem Ausgang des Summierungsgetriebes (4) verbunden ist.



DE 197 49 074 A 1

DE 197 49 074 A 1

1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein landwirtschaftliches Nutzfahrzeug, dessen Verbrennungsmotor über einen Generator, einen Elektromotor und ein Endgetriebe aufweisendes elektromechanisches Getriebe mit dem Fahrtrieb verbunden ist.

Landwirtschaftliche Nutzfahrzeuge deren Verbrennungsmotoren jeweils über ein Getriebe mit einem Fahrtrieb verbunden sind, sind aus der Praxis bekannt. Das Getriebe kann aus den Komponenten Schalt- und Wende-/Lastschaltgetriebe und Fahrtrieb bestehen. Aus der Praxis ist weiterhin ein landwirtschaftlicher Traktor mit stufenlosem mechanisch-hydrostatischen Getriebe bekannt. Bei diesem Traktor wird über ein Planetengetriebe eine Hydraulikpumpe angetrieben, welche mit Hydraulikmotoren verbunden ist. Diese Motoren treiben eine Summierungswelle an, welche mit dem Planetengetriebe und dem Fahrtrieb gekoppelt ist. Dadurch wird eine Leistungsverzweigung erreicht, wobei das Fahrzeug stufenlos mit variablem hydrostatischen Anteil gefahren werden kann.

Aus der EP 0 693 392 A1 ist ein landwirtschaftlicher Traktor mit elektromechanischem Getriebe bekannt, dessen Verbrennungsmotor einen Drehstromgenerator antreibt, der über einen Umrichter die elektrische Energie an einen Elektromotor abgibt.

Dieser Elektromotor ist mechanisch an den Fahrtrieb gekoppelt. Der Elektromotor kann stufenlos vom Stillstand bis zu seiner Höchstdrehzahl betrieben werden. Dadurch ist eine rein elektrische Kraftübertragung möglich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein landwirtschaftliches Nutzfahrzeug der aus der EP 0 693 392 A1 bekannten Art derart weiterzuentwickeln, daß der Wirkungsgrad des Antriebs verbessert und die Kosten sowie die Baugröße des Antriebs verringert werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem gattungsgemäßen landwirtschaftlichen Nutzfahrzeug durch ein einen ersten Eingang, einen zweiten Eingang und einen Ausgang aufweisendes Summierungsgetriebe gelöst, wobei der Verbrennungsmotor mit dem ersten Eingang, die Ankerwelle des Elektromotors mit dem zweiten Eingang und das Endgetriebe mit dem Ausgang des Summierungsgetriebes verbunden ist.

Durch die Erfindung wird eine Leistungsverzweigung in einen mechanischen und einen elektrischen Anteil geschaffen, durch welche der Wirkungsgrad des Antriebs gegenüber dem aus der EP 0 693 392 A1 bekannten Traktortrieb deutlich verbessert wird. Auch ermöglicht diese Leistungsverzweigung gegenüber dem bekannten landwirtschaftlichen Traktor eine wesentliche Verkleinerung der elektrischen Komponenten (Generator, Elektromotor und Umrichter).

Die Erfindung zeichnet sich ferner dadurch aus, daß eine stufenlose Kraftübertragung bei optimaler Ausnutzung der Antriebsleistung ermöglicht wird. Der Wirkungsgrad dieser Lösung ist im Vergleich zu hydrostatisch leistungsverzweigten Lastschaltgetrieben deutlich verbessert. Im übrigen vereinfacht sich die Wartung, da die Komponenten des erfindungsgemäßen Getriebes praktisch wartungsfrei sind. Bei dem Summierungsgetriebe kann es sich vorzugsweise um ein Planetengetriebe handeln.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht einen die Drehzahl, das Drehmoment und/oder die Drehrichtung steuernden Regler vor, dessen Istwerte von einem Inkrementalgeber am Elektromotor und/oder durch eine Ankerstromerfassung detektiert werden, und dessen Sollwerte (Drehzahl, Drehmoment und/oder Drehrichtung) von einer Bedienungsperson frei vorgebar sind. Alternativ können

2

die Istwerte des Reglers auch mit Hilfe eines Beobachters ermittelt werden. Dabei kann jeweils zur Steuerung und/oder Regelung des elektromechanischen Getriebes vorzugsweise ein Mikrorechner vorgesehen sein. Aufgrund der hohen Flexibilität der vorzugsweise elektronisch ausgebildeten Regelung ist es möglich, sowohl die Anforderungen für schnelle Fahrten, beispielsweise für Transportfahrten, als auch für sehr langsame Fahrten (Kriechfahrten) bei bestimmten Bestell- oder Erntearbeiten zu erfüllen. Auch eine Anwendung auf selbstfahrende landwirtschaftliche Maschinen, beispielsweise Erntemaschinen, ist möglich. Da die Charakteristik des Elektromotors für den Fahrtrieb (Traktionsantrieb) durch den Regler in weiten Bereichen veränderbar ist, ist für den Verbrennungsmotor keine besondere Motorcharakteristik erforderlich, so daß dieser hinsichtlich seiner Regelbarkeit vereinfacht werden kann. Auch wird die Bedienbarkeit verbessert, weil bislang der Bedienungsperson zukommende Regelaufgaben nunmehr von der elektronischen Regelung übernommen werden können.

Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung bezogen auf landwirtschaftliche Nutzfahrzeuge, deren Verbrennungsmotor zusätzlich mit einem Zapfwellenantrieb verbindbar ist, sieht vor, daß das Summierungsgetriebe so angeordnet ist, daß der Zapfwellenantrieb daran vorbeigeführt ist, wobei der Elektromotor so angeordnet bzw. ausgebildet ist, daß der Zapfwellenantrieb direkt mit der Antriebswelle des Verbrennungsmotors verbunden ist.

Als Elektromotor kann vorzugsweise ein Drehstromasynchronmotor mit Käfigläufer zum Einsatz kommen.

Nach einer anderen vorteilhaften Ausführungsform ist zwischen dem Elektromotor und dem Generator ein für einen Vierquadranten-Betrieb geeigneter Umrichter angeordnet. Hierdurch wird eine Energierückspeisung vom Elektromotor in den Generator möglich.

Desweiteren ist es vorteilhaft, wenn das Summierungsgetriebe für größere Leistungen ausgelegt ist als die Leistung des Verbrennungsmotors. Eine solche Auslegung ermöglicht, daß elektrische Energie vom Elektromotor über den Umrichter und Generator in mechanische Energie umgewandelt werden kann und zusätzlich zur Bildung von Drehmoment im Summierungsgetriebe zur Verfügung steht.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen gehen aus den nachfolgenden Unteransprüchen hervor.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer mehrere Ausführungsbeispiele darstellenden Zeichnung näher erläutert.

Im einzelnen zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer Antriebsvorrichtung eines erfindungsgemäßen landwirtschaftlichen Nutzfahrzeugs mit einem Verbrennungsmotor und einem elektromechanischen Getriebe, und

Fig. 2a bis 2i schematische Darstellungen weiterer Ausführungsformen einer Antriebsvorrichtung eines erfindungsgemäßen Nutzfahrzeugs.

Bei dem in der Zeichnung dargestellten ersten Ausführungsbeispiel ist der Verbrennungsmotor 1 eines erfindungsgemäßen Traktors sowohl mit einem Drehstromgenerator 2 als auch mit dem Sonnenrad 3 eines Planetengetriebes 4 verbunden. Der Verbrennungsmotor 1 treibt das Sonnenrad 3 des Planetengetriebes 4 und die Ankerwelle 5 des Drehstromgenerators 2 mit frei wählbarer, vorzugsweise konstanter Drehzahl an.

Die Ankerwelle 5 des Generators 2 ist mit einer Welle 6 gekoppelt, die ein Untersetzungsgetriebe 7 für die Zapfwelle 8 am Reck des Traktors antreibt. Die Welle 6 ist konzentrisch innerhalb einer als Hohlwelle ausgeführten Ankerwelle 9 eines dem Generator 2 nachgeordneten Elektromotors 10 angeordnet.

DE 197 49 074 A 1

3

Der mit dem Generator 2 erzeugte Drehstrom wird zunächst einem elektrischen Umrichter 11 zugeführt, der mit einer auch den Verbrennungsmotor 1 regelnden, einen Mikrorechner aufweisenden elektronischen Steuerungs- und Regelungseinheit 12 gekoppelt ist. Der umgerichtete Strom wird dann dem als Drehstromasynchronmotor mit Käfigläufer ausgeführten Elektromotor 10 zugeführt, der mit dem Hohlrad 13 des Planetengetriebes 4 verbunden ist und das Hohlrad 13 mit variabler Drehzahl antreibt. Der Planetenträger 14 des Planetengetriebes 4, auf dem die Planetenräder 15 gelagert sind, ist drehstarr mit einem Endgetriebe 16 verbunden. Hierbei handelt es sich um ein konventionelles Endgetriebe mit einem Kegelrad- und einem Differentialgetriebe, welches mit dem Fahrtrieb 17 des Traktors gekoppelt ist.

Mittels des elektrischen Umrichters 11 und der Steuerungs- und Regelungseinheit 12 wird der Elektromotor 10 drehzahl- und drehmomentgeregelt betrieben. Die Drehzahl des Elektromotors 10 wird dabei mittels eines nicht dargestellten Inkrementalgebers, und das Drehmoment durch eine Ankerstromerfassung erfaßt und als Istwerte der Steuerungs- und Regelungseinheit 12 zugeführt. Die Sollwerte (Drehzahl, Drehmoment und/oder Drehrichtung) sind von einer Bedienungsperson über ein Bedienpult 18 frei vorgebar.

Die variable Drehzahl des Elektromotors 10 führt durch die Übersetzung im Planetengetriebe 4 zu einer variablen Drehzahl des Planetenträgers 14 und damit des Endgetriebes 16 und schließlich der Antriebsräder des Traktors. Durch geeignete Wahl der Übersetzungsverhältnisse und die frei wählbare Drehzahl des Elektromotors 10 kann der Traktor stufenlos drehzahlvariabel angetrieben werden.

Um den Traktor bei laufendem Verbrennungsmotor 1 anzuhalten, muß die Ankerwelle 9 des Elektromotors 10 rückwärts gedreht werden, so daß der Planetenträger 14 stillsteht. Die Reversierbarkeit der Drehrichtung des Elektromotors 10 ist durch die Umkehrbarkeit des Stromdrehsinnes gegeben. Der Verbrennungsmotor 1 treibt dabei das Hohlrad 13 des Planetengetriebes 4 in Vorwärtsrichtung an. Um den Traktor anzufahren, muß der Elektromotor 10 elektrisch abgebremst werden. Hierzu wird die Drehzahl des Elektromotors 10 verringert, so daß sich die Drehzahl des Planetenträgers 14 entsprechend erhöht und das Fahrzeug beschleunigt wird.

Bei Stillstand des Elektromotors 10 steht das Hohlrad 13 des Planetengetriebes 4 ebenfalls still, und in diesem Fall erfolgt die Energieübertragung vom Verbrennungsmotor 1 zum Fahrtrieb 17 rein mechanisch. Der Traktor fährt dabei langsam vorwärts. Die Übersetzung sollte vorzugsweise so gewählt werden, daß die Geschwindigkeit im Hauptarbeitsbereich von 4 bis 8 km/h liegt. Damit ist der Antrieb optimal für Zugarbeiten auf dem Feld abgestimmt. Der Planetenträger 14 des Planetengetriebes 4 kann zudem über ein mechanisches Fahrstufengetriebe mit dem Endgetriebe 16 verbunden sein.

Um die Fahrgeschwindigkeit des Traktors weiter zu erhöhen, muß der Elektromotor 10 vorwärts drehen. Dadurch treibt er das Hohlrad 13 in Vorwärtsrichtung an, so daß die Drehzahl des Planetenträgers 14 größer wird als die des Sonnenrades 3. Die Höchstgeschwindigkeit des Traktors wird schließlich bei der maximalen Drehzahl des Elektromotors 10 erreicht. Für eine Rückwärtsfahrt ist kein Umschalten durch ein mechanisches Zahnradgetriebe erforderlich. Hierzu wird lediglich durch entsprechende Steuerung und Regelung die Rückwärtsdrehzahl des Elektromotors 10 gegenüber der Drehzahl beim Stillstand des Fahrzeugs erhöht. Während das Sonnenrad 3 vorwärts dreht, wird das Hohlrad 13 stärker rückwärts angetrieben, so daß sich der

4

Planetenträger 14 ebenfalls rückwärts dreht. Die maximale Rückfahrgeschwindigkeit wird wiederum bei der maximalen Drehzahl des Elektromotors 10 erreicht.

Der zwischen dem Elektromotor 10 und dem Generator 2 angeordnete Umrichter 11 ist für einen Vierquadranten-Betrieb ausgelegt, so daß eine Rückspeisung der Energie des Elektromotors 10 in den Generator 2 möglich ist. Damit elektrische Energie vom Elektromotor 10 über den Umrichter 11 und Generator 2 in mechanische Energie umgewandelt werden kann und zusätzlich zur Bildung von Drehmoment im Planetengetriebe 4 zur Verfügung steht, ist das Planetengetriebe 4 für größere Leistungen ausgelegt als die Leistung des Verbrennungsmotors 1.

In den Fig. 2a bis 2i sind weitere Ausführungsbeispiele einer Antriebsvorrichtung eines erfindungsgemäßen Nutzfahrzeugs schematisch dargestellt.

Die in Fig. 2a dargestellte Ausführungsform unterscheidet sich von der vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsform dadurch, daß die Motorwelle des Verbrennungsmotors 1, die Ankerwelle des Generators 2, die als Hohlwelle ausgeführte Ankerwelle des Elektromotors 10 und das Sonnenrad des Planetengetriebes 4 koaxial angeordnet sind. Ebenso wie bei der ersten Ausführungsform ist allerdings der Verbrennungsmotor 1 mit dem Sonnenrad und der Elektromotor mit dem Hohlrad des Planetengetriebes verbunden, während der Planetenträger als Abtrieb dient.

Im Gegensatz zu Fig. 2a zeigt Fig. 2b ein Ausführungsbeispiel, bei dem der Verbrennungsmotor 1 mit dem Planetenträger des Planetengetriebes verbunden ist, während dessen Sonnenrad als Abtrieb dient.

Bei der in Fig. 2c gezeigten Ausführungsform ist dagegen der Verbrennungsmotor 1 mit dem Hohlrad und der Elektromotor 10 mit dem Planetenträger des Planetengetriebes 4 verbunden. Der Abtrieb erfolgt wiederum über das Sonnenrad des Planetengetriebes 4.

Fig. 2d zeigt eine Ausführungsform, die hinsichtlich der Zuordnung des Verbrennungsmotors 1 und des Elektromotors 10 in bezug auf das Planetengetriebe 4 der Ausführungsform gemäß Fig. 2c entspricht. Im Gegensatz dazu ist in Fig. 2d jedoch das Planetengetriebe 4 zwischen dem Generator 2 und dem Elektromotor 10 angeordnet, wobei die mit dem Sonnenrad verbundene Abtriebswelle des Planetengetriebes 4 durch die als Hohlwelle ausgeführte Ankerwelle des Elektromotors 10 hindurchgeführt ist.

Die Fig. 2e und 2f zeigen wiederum Ausführungsformen, bei denen der Verbrennungsmotor 1, der Generator 2, der Elektromotor 10 und das Planetengetriebe 4 in der genannten Reihenfolge hintereinander angeordnet sind. Im Gegensatz zu den Ausführungsformen gemäß den Fig. 2a bis 2c ist in den Fig. 2e und 2f jedoch der Verbrennungsmotor 1 mit dem Hohlrad des Planetengetriebes 4 und der Elektromotor 10 mit dem Sonnenrad des Planetengetriebes 4 verbunden, während der Abtrieb über den Planetenträger erfolgt. Die in den Fig. 2e und 2f gezeigten Ausführungsformen unterscheiden sich voneinander durch die Anordnung von Motorwelle, Ankerwellen und Abtriebswelle. Während in Fig. 2e eine koaxiale Wellenanordnung dargestellt ist, zeigt Fig. 2f eine biaxiale Wellenanordnung, bei der die mit dem Planetenträger verbundene Abtriebswelle gegenüber der Motorwelle des Verbrennungsmotors 1 und der Ankerwelle des Generators 2 bzw. des Elektromotors 10 parallel versetzt ist.

Die Fig. 2g und 2h zeigen dagegen wiederum Ausführungsformen mit koaxialer Wellenanordnung, wobei jedoch hier jeweils das Hohlrad des Planetengetriebes 4 als Abtrieb dient. In Fig. 2g ist dabei der Verbrennungsmotor 1 mit dem Planetenträger und der Elektromotor 10 mit dem Sonnenrad des Planetengetriebes 4 verbunden, während in Fig. 2h umgekehrt der Verbrennungsmotor 1 mit dem Sonnenrad und

DE 197 49 074 A 1

5

der Elektromotor 10 mit dem Planetenträger verbunden ist.

Die in Fig. 2i gezeigte Ausführungsform unterscheidet sich von der Ausführungsform gemäß Fig. 2h im wesentlichen durch die Anordnung von Motorwelle, Ankerwellen und Abtriebswelle. Während in Fig. 2h eine koaxiale Wellenanordnung dargestellt ist, zeigt Fig. 2i eine biaxiale Ausführungsform, bei der die mit dem Hohlrad des Planetengetriebes 4 verbundene Abtriebswelle gegenüber der Motorwelle des Verbrennungsmotors 1 und der Ankerwelle des Generators 2 bzw. des Elektromotors 10 parallel versetzt ist.

Die Erfindung ist in ihrer Ausführung nicht auf die vorstehend angegebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr ist eine Anzahl weiterer Varianten denkbar, welche von der dargestellten Lösung auch bei anders gearteten Ausführungen Gebrauch machen.

Patentansprüche

1. Landwirtschaftliches Nutzfahrzeug, dessen Verbrennungsmotor (1) über ein einen Generator (2), einen Elektromotor (10) und ein Endgetriebe (16) aufweisendes elektromechanisches Getriebe mit dem Fahrantrieb (17) verbunden ist, **gekennzeichnet durch** ein einen ersten Eingang, einen zweiten Eingang und einen Ausgang aufweisendes Summierungsgetriebe (4), wobei der Verbrennungsmotor (1) mit dem ersten Eingang, die Ankerwelle (9) des Elektromotors (10) mit dem zweiten Eingang und das Endgetriebe (16) mit dem Ausgang des Summierungsgetriebes (4) verbunden ist.
2. Landwirtschaftliches Nutzfahrzeug nach Anspruch 1, desweiteren gekennzeichnet durch einen die Drehzahl, das Drehmoment und/oder die Drehrichtung steuernden Regler, dessen Istwerte von einem Inkrementalgeber am Elektromotor (10) und/oder durch eine Ankerstromerfassung detektiert werden und dessen Sollwerte (Drehzahl, Drehmoment und/oder Drehrichtung) von einer Bedienungsperson frei vorgebar sind.
3. Landwirtschaftliches Nutzfahrzeug nach Anspruch 1, desweiteren gekennzeichnet durch einen die Drehzahl, das Drehmoment und/oder die Drehrichtung steuernden Regler, dessen Istwerte mit Hilfe eines Beobachters ermittelt werden und dessen Sollwerte (Drehzahl, Drehmoment und/oder Drehrichtung) von einer Bedienungsperson frei vorgebar sind.
4. Landwirtschaftliches Nutzfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Verbrennungsmotor (1) zusätzlich mit einem Zapfwellenantrieb (7) verbindbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Summierungsgetriebe (4) so angeordnet ist, daß der Zapfwellenantrieb (7) daran vorbeigeführt ist, wobei der Elektromotor (10) so angeordnet oder ausgebildet ist, daß der Zapfwellenantrieb (7) direkt mit der Antriebswelle des Verbrennungsmotors (1) verbunden ist.
5. Landwirtschaftliches Nutzfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang des Summierungsgetriebes (4) über ein mechanisches Fahrstufengetriebe mit dem Endgetriebe (16) verbunden ist.
6. Landwirtschaftliches Nutzfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor (10) einen Drehstromasynchronmotor mit Käfigläufer ist.
7. Landwirtschaftliches Nutzfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dieses mit einem Mikrorechner zur elektronischen Steuerung und/oder Regelung des elektromechanischen Getriebes versehen ist.
8. Landwirtschaftliches Nutzfahrzeug nach einem der

6

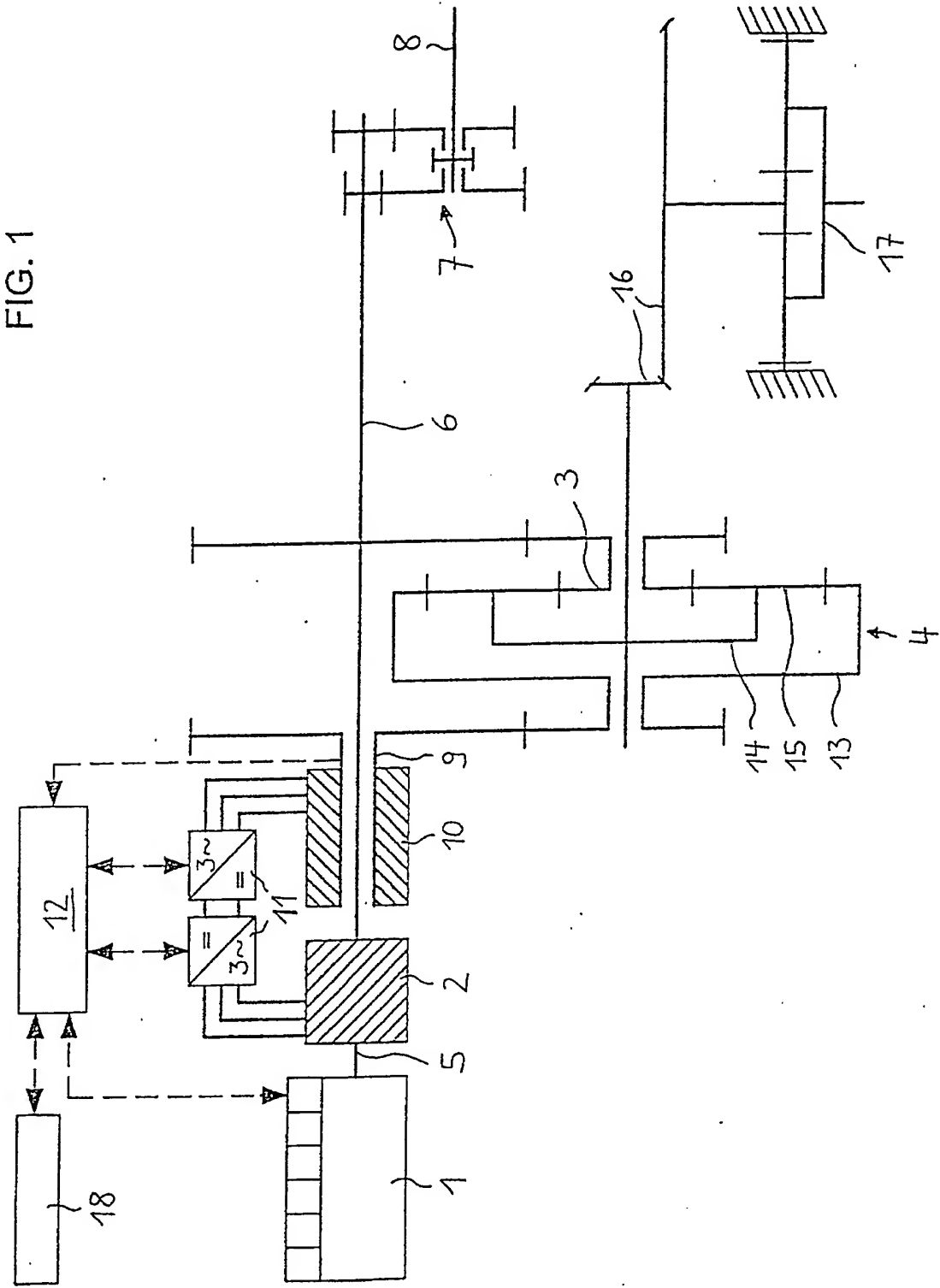
vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Elektromotor (10) und dem Generator (2) ein für einen Vierquadranten-Betrieb geeigneter Umrichter (11) angeordnet ist, so daß eine Energierückspeisung vom Elektromotor (10) in den Generator (2) erfolgen kann.

9. Landwirtschaftliches Nutzfahrzeug nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Summierungsgetriebe (4) für größere Leistungen ausgelegt ist als die Leistung des Verbrennungsmotors (1), so daß elektrische Energie vom Elektromotor (10) über den Umrichter (11) und Generator (2) in mechanische Energie umgewandelt werden kann und zusätzlich zur Bildung von Drehmoment im Summierungsgetriebe (4) zur Verfügung steht.

10. Landwirtschaftliches Nutzfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Summierungsgetriebe (4) ein Planetengetriebe ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1



Verbrennungsmotor (V) Generator (G) Elektromotor (E) Planetenge triebe (P) Abtrieb (A)	V-G-E-P (G-V-E-P) koaxial	V-G-E-P (G-V-E-P) biaxial	V-G-P-E (G-V-P-E) koaxial	
Hohlrad = E Sonnenrad = V Planetenträger = A	 FIG. 2a	
Hohlrad = E Sonnenrad = A Planetenträger = V	 FIG. 2b	
Hohlrad = V Sonnenrad = A Planetenträger = E	 FIG. 2c	...	 FIG. 2d	
Hohlrad = V Sonnenrad = E Planetenträger = A	 FIG. 2e	 FIG. 2f	...	
Hohlrad = A Sonnenrad = E Planetenträger = V	 FIG. 2g	
Hohlrad = A Sonnenrad = V Planetenträger = E	 FIG. 2h	 FIG. 2i	...	

